

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-041706

(43)Date of publication of application : 13.02.1998

(51)Int.Cl.

H01P 1/383

H01P 1/32

(21)Application number : 08-197177

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 26.07.1996

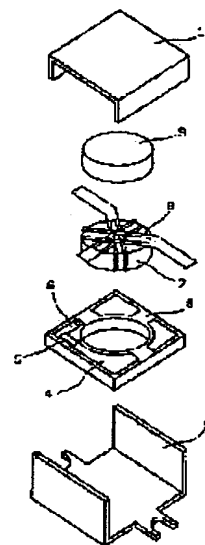
(72)Inventor : YAMAMOTO SHINJI
ICHIKAWA KOJI

(54) IRREVERSIBLE CIRCUIT ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently transmit even for high frequency electric signals sensitive to electric conductivity without impairing performance as a conventional magnetic yoke by covering the surface of the magnetic yoke serving also as a case with the metal coating film of high conductivity whose electric resistance is lower than a specified value.

SOLUTION: In order to improve the signal transmission efficiency of this irreversible circuit element and suppress mutual interference with the outside of the element, the metal coating film of the high conductivity whose electric resistance is less than $5.5\mu\Omega/\text{cm}$ is formed on the surface of the magnetic yokes 1 and 2 serving also as the case of the element. Thus, a sufficient effect for loss reduction is obtained. It is less than $3.0\mu\Omega/\text{cm}$ preferably and it is less than $1.8\mu\Omega/\text{cm}$ further preferably. The magnetic yokes 1 and 2 serving also as the case are vertically divided into two and an upper yoke 1 and a lower yoke 2 are constituted. It is preferable that the metal coating film is formed to both magnetic yokes 1 and 2 and it is preferable that the metal coating film is formed at least to the magnetic yoke 1 to which a magnet 9 is attached.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.05.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

29.02.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10-41706

(43) 公開日 平成10年(1998)2月13日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 P	1/383		H 0 1 P	1/383
	1/32			1/32

審査請求 未請求 請求項の数 8

O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-197177

(22) 出願日 平成8年(1996)7月26日

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 山本 伸二

鳥取県鳥取市南栄町33番地12号日立金属株式会社鳥取工場内

(72) 発明者 市川 耕司

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式会社磁性材料研究所内

(74) 代理人 弁理士 大場 充

(54) 【発明の名称】 非可逆回路素子

(57) 【要約】

【目的】 信号のエネルギーを効率よく維持し、入力信号を少ない損失で出力端子に伝送することを目的とする。

【構成】 非可逆回路素子のケースを兼ねる磁気ヨークの表面を電気抵抗率が $5.5 \mu \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の導電性の高い金属被膜で覆う。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ケースを兼ねる磁気ヨークの表面を電気抵抗率が $5.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の導電性の高い金属被膜で覆うことを特徴とする非可逆回路素子。

【請求項 2】 ケースを兼ねる磁気ヨークを少なくとも 2 分割し、両磁気ヨークの表面を電気抵抗率が $5.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の導電性の高い金属被膜で覆うことを特徴とする非可逆回路素子。

【請求項 3】 ケースを兼ねる磁気ヨークを少なくとも 2 分割し、少なくとも磁石が取り付けられる磁気ヨークの表面を電気抵抗率が $5.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の導電性の高い金属被膜で覆うことを特徴とする非可逆回路素子。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 において、前記磁気ヨークの少なくとも内側の面積の 60% 以上の面積に前記金属被膜が形成されている事を特徴とする非可逆回路素子。

【請求項 5】 請求項 1～3 において、前記金属被膜の厚さが $0.5 \sim 25 \mu\text{m}$ であることを特徴とする非可逆回路素子。

【請求項 6】 請求項 1～3 において、前記金属被膜が、銀、銅、金、アルミニウムのうち少なくともひとつを含む金属または合金であることを特徴とする非可逆回路素子。

【請求項 7】 請求項 1～3 において、前記金属被膜が、さらに別の導電性金属保護被膜によって覆われていることを特徴とする非可逆回路素子。

【請求項 8】 請求項 1～3 において、前記磁気ヨークの母材が厚み $120 \sim 240 \mu\text{m}$ の鉄を主成分とする金属板であることを特徴とする非可逆回路素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、高周波信号に対して非可逆伝送特性を有する非可逆回路素子に関し、具体的には携帯用電話などの移動体通信システムの中で使用され、一般にアイソレータやサーキュレータと呼ばれる非可逆回路素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 携帯電話、自動車電話は、近年その通話可能地域の拡大、及び機器の小型化にともない、利用者が増大している。これら、携帯電話、自動車電話等の主要部品の一つとして、非可逆回路素子がある。この非可逆回路素子は、信号を伝送方向のみに通過させ、逆方向への伝送を阻止する機能を有し、サーキュレータ、アイソレータと呼ばれている。この非可逆回路素子を、その回路システムの中に挿入すると、伝送される信号電力には損失が発生し、非可逆回路素子からの発熱、そして電池の消耗の増大を引き起こす。高周波信号を逃すことなく効率よく非可逆回路素子を動作させ、この信号電力損失を低減する試みが数多くなされてきた。

【0003】 例えば特開平 7-106809 では、抵抗

接続されるループ状ストリップラインの幅を他のループ状ストリップラインの幅と異なるようにすることによって、抵抗接続によるインピーダンスミスマッチを補正している。つまり中心導体の設計によってこれを解決しようとしている。また、特開平 6-164211 では、補助フェライトを配置し、磁気回路の設計によってこれを解決しようとしている。

【0004】 また、特開平 6-204712 では、ヨークのアース電位を改良することにより損失低減を実現している。このヨークは非可逆回路素子のもっとも外側を構成しており、内部に組み込まれた多くの部品を正しい位置に保持し、また保護するケースの役割をなす他に、非可逆回路素子全体に構成される磁気回路の一部をも兼ねる。同時に電気シールド効果を伴って非可逆回路素子の内部と外部相互間の干渉を小さく抑える役割も持っている。非可逆回路素子内での電力損失が大きい時には、発生する熱を効率良く放散するためにも重要な役割を果たしている。

【0005】 このなかでも、もっとも重要とされてきた機能のひとつは効率よく均一性に優れた磁気回路を構成することであり、そのために材質としてはニッケルメッキ処理仕上げによる鉄板を用いることが一般的であった。また、下側のヨークとして、鉄に銀メッキを施し、絶縁樹脂をコートしたものも提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上述したような、従来の非可逆回路素子の磁気ヨークは、金属材料としては中くらいの電気伝導性を有するニッケルと鉄を使用するために、電気伝導性に敏感な高周波電気信号に対しては必ずしも信号伝送の効率がよい材質ではなかった。母材の鉄を改良して導電率の高い材質に置き換えることも有効であるが、反対に磁気回路としての性能を悪くする恐れがある。

【0007】 本発明の課題は従来の磁気ヨークとしての性能を損なうことなく、電気伝導性に敏感な高周波電気信号に対しても信号伝送の効率がよい理想的材料を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記の目的を達成するために、ケースを兼ねる磁気ヨークの表面を電気抵抗率が $5.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の導電性の高い金属被膜で覆ったものである。また本発明は、ケースを兼ねる磁気ヨークを少なくとも 2 分割し、両磁気ヨークの表面を電気抵抗率が $5.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の導電性の高い金属被膜で覆ったものである。また本発明は、ケースを兼ねる磁気ヨークを少なくとも 2 分割し、少なくとも磁石が取り付けられる磁気ヨークの表面を電気抵抗率が $5.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の導電性の高い金属被膜で覆ったものである。また前記磁気ヨークの少なくとも内側の面積の 60% 以上の面積に、前記金属被膜を形成するものであ

る。また前記金属被膜の厚さを0.5～25 μ mとするものである。また前記金属被膜が、銀、銅、金、アルミニウムのうち少なくともひとつを含む金属または合金であるものである。また前記金属被膜が、さらに別の導電性金属保護被膜によって覆われているものである。また前記磁気ヨークの母材を厚み120～240 μ mの鉄を主成分とする金属板とするものである。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明は、非可逆回路素子の信号伝送効率を高め、素子外部との相互干渉を抑制するために、電気抵抗率が5.5 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下の導電性の高い金属被膜を素子のケースを兼ねる磁気ヨークの表面に形成するものである。これにより、損失低減に十分な効果が得られる。好ましくは、3.0 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であり、更に好ましくは、1.8 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下である。また、このケースを兼ねる磁気ヨークは、組立上の都合により、分割されている場合が多い。この分割されている場合でも同様であり、両方の磁気ヨークにこの金属被膜を形成することが好ましく、少なくとも磁石が取り付けられる磁気ヨークにこの金属被膜を形成することが好ましい。

【0010】しかしながら、後に述べる様な工業的に実用化されている被膜形成方法では、導電性の高い金属被膜を均一に形成することが困難である場合が多く、実用的ではない。そのような場合には、素子のケースを兼ねる磁気ヨークの表面のうち、少なくとも内側の面積の60%以上を含む磁気ヨークの表面に導電性の高い金属被膜を形成すればよい。

【0011】非可逆回路素子の信号伝送効率をもっとも良くするためには、分割式ケースを兼ねる磁気ヨークのすべてに導電性の高い金属被膜を設けることが理想的である。しかしながら、磁石が取り付けられないヨーク内部に各種部品を組み立て、半田付けにて固定をする時、半田との濡れ性が悪く固定ができない事もある。この様な場合には、分割式ケースを兼ねる磁気ヨークのうち磁石が取り付けられるヨークにだけ導電性の高い金属被膜を設けてもよい。信号伝送効率の改良効果は、いくらか劣るが磁石が取り付けられないヨーク内部に各種部品を組み立て、半田付けで固定をすることは容易で確実になる。この場合にも、先に述べたのと同じように、導電性の高い金属被膜を均一に形成することが困難である場合が多く、素子の分割式ケースを兼ねる磁気ヨークの磁石が取り付けられるヨーク表面のうち、少なくとも内側の面積の60%以上を含む磁石が取り付けられるヨーク表面に導電性の高い金属被膜を形成すればよい。

【0012】上記のような薄い表面被膜を形成する製造方法としては、湿式めっき法が古くから実用化されていて実施が容易である。乾式法では真空蒸着法、ほかにスパッタリング法などさまざまな実用的な製造方法が工業的に確立されていてこれも容易である。

【0013】本発明では、導電性の高い金属被膜の厚さは0.5～25 μ mの範囲とすることが望ましい。複雑な形状をした磁気ヨークの表面に、この範囲の厚さを確保する事は比較的容易である。またアルミニウムのように、導電性が特別高くない金属被膜の場合にも、同様に0.5～25 μ mとすることで所望の効果を得ることができる。高周波電気信号は表皮効果によって、ごく表面だけを流れるために、このような薄い膜で十分である。25 μ m以上に膜を厚くしてもそれ以上素子の信号伝送の効率が向上することはない。そればかりか25 μ mよりも厚い場合には応力などのために被膜がひび割れるような場合があり望ましくない。0.5 μ mよりも薄くては十分な信号伝送効率の向上効果が得られない。好ましくは、0.5～10 μ mであり、更にこのましくは、1～8 μ mである。

【0014】また本発明では、銀や銅のように特に導電性が低い金属被膜の場合、そしてかつ精密に金属被膜の厚さを制御することができる場合には、金属被膜の厚さは2～8 μ mの範囲とすることがより望ましい。厚さを2 μ m以上とすることで信号伝送効率の向上効果をより高められる。また厚さを8 μ m以上に増やしても信号伝送効率は大きくは向上しないので実用的には8 μ mまでで十分である。更に好ましくは、4～7 μ mである。これは、次式で計算されるような理論的結果とも一致する。この式で ω 、 μ 、 ρ はそれぞれ角周波数、透磁率、電気抵抗率を示す。

【0015】

【数1】

$$\text{表皮厚さ} = (2 / \omega \mu \rho)^{1/2}$$

【0016】また本発明では、導電性の高い金属被膜としては、電気抵抗率が5.5 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であることが必要である。このために使われる導電性の高い金属被膜材質とは、銀、銅、金、アルミニウムのうち少なくともひとつを含む金属または合金である。これらの材質は工業的には質の良い原料を入手しやすい。しかしながら銀、銅、金、アルミニウムを主体とする金属被膜は硬度が低く、わずかな機械的摩擦等で傷つくことがあること、また長期間の使用の後には表面が変色する程度の酸化をきたすこともある。これらの否定的要因は、非可逆回路素子の電気信号伝送特性を損なう程には深刻なものではないが、外観的な美しさを保つ等の理由により別の導電性保護被膜によって覆い、保護することが望ましい。

【0017】このための導電性保護被膜としてはニッケルやクロムめっきが容易で工業的にも確立されている。またその被膜厚さは、0.2～2 μ mであることが必要である。0.2 μ m未満では機械的保護性及び酸化保護性の観点から不十分であるばかりでなく、上述の湿式めっき法では薄すぎて厚さを制御することが困難であることがあり、実用的ではない。また2 μ mより厚くては、

先に説明した高周波電気信号の表皮効果のため非可逆回路素子の電気信号伝送特性を損なうことがある。好ましくは、 $0.2 \sim 1.5 \mu\text{m}$ である。

【0018】また本発明では、薄い表面被膜形成と素子の組立を容易かつ確実にするために、磁気ヨークを2つ以上の分割式とし、組立後溶接または半田付けによって固定する。分割する方法としては、上と下の二分割とすることが最も簡便で実用的である。溶接する場合には非可逆回路素子に熱的衝撃を与えないよう、超音波式溶接やスポット式電気溶接で行うことが望ましい。

【0019】本発明では、磁気ヨークの母材は厚み $120 \sim 240 \mu\text{m}$ の鉄を主成分とする金属板がよい。通常非可逆回路素子に使われる磁石の磁力とつり合うためには、この厚さの範囲が望ましい。また磁気ヨークはケースを兼ねるので、外部からのさまざまな機械的衝撃から素子を保護するためにも $120 \mu\text{m}$ 未満では不十分である。 $240 \mu\text{m}$ より厚くては加工が困難で寸法精度を保つことが難しい。ひいてはまた非可逆回路素子の寸法全体を小さく保つことが困難になる。好ましくは、 $170 \sim 230 \mu\text{m}$ である。

【0020】

【実施例】本発明を以下の実施例によって説明する。本発明に係る非可逆回路素子の構造図を図1に示す。この図1に示した例は、集中定数型アイソレータである。ケースを兼ねる磁気ヨークは、上下2つに分割され、上ケース（上ヨーク）1、下ケース（下ヨーク）2を構成している。そして、下ケース2の上に、静電容量を構成する電極が形成された誘電体基板63が配置され、その誘電体基板3の中央の透孔部分に、円板状ガーネット7に互いに絶縁状態で配置された3つの中心導体8からなる中心導体部分が挿入される。また、上ケース1には、永久磁石9が接着され、上下ケースが接合されて構成される。尚、誘電体基板の容量を構成する電極の一つには、ダミー抵抗5が接続され、そのダミー抵抗はアース電極6に接続されている。また、このダミー抵抗を無くし、他の中心導体と同様に外部端子を付けるとサーキュレータとなる。この非可逆回路素子の内部の構成は、種々の構成が有り、本発明では、内部構成は特に限定されない。例えば、静電容量は、チップコンデンサを用い、ダミー抵抗は、チップ抵抗を用いるもの、またガーネットを2枚用いるもの、印刷方式による中心導体を用いるものなどがある。

【0021】（実施例1）図1の構造において、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5 \mu\text{m}$ である。上ケース1に、厚さ $6 \mu\text{m}$ の銅メッキ処理したものを用いた。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.49 dB であった。この実施例の評価を表1に示す。以下の実施例も同様に表1に示す。

【0022】（実施例2）同様に、下ケース2に、半田

メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5 \mu\text{m}$ である。上ケース1に、厚さ $6 \mu\text{m}$ の銀メッキ処理したものを用いた。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.49 dB であった。

【0023】（実施例3）同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5 \mu\text{m}$ である。上ケース1に、厚さ $6 \mu\text{m}$ の金メッキ処理したものを用いた。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.52 dB であった。

10 【0024】（実施例4）同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5 \mu\text{m}$ である。上ケース1に、厚さ $6 \mu\text{m}$ のアルミニウムの乾式真空メッキ処理したものを用いた。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.53 dB であった。

【0025】（実施例5）同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5 \mu\text{m}$ である。上ケース1にはアルミニウム合金、すなわちアルミーマグネシウム－シリコンの乾式真空メッキ処理したものを用いた。磁石が取り付けられる上ケースのアルミニウム合金真空メッキ処理の厚さは $6 \mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.53 dB であった。

【0026】（比較例1）同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5 \mu\text{m}$ である。上ケース1には真鍮の真空メッキ処理したものを用いた。この真鍮の真空メッキ処理厚さは $25 \mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.61 dB であった。

【0027】（比較例2）同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5 \mu\text{m}$ である。上ケース1にはニッケルメッキ処理したものを用いた。このニッケルメッキ処理厚さは $6 \mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.62 dB であった。

【0028】（比較例3）同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5 \mu\text{m}$ である。上ケース1にも半田メッキ処理したものを用いた。この半田メッキ処理厚さは $6 \mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.65 dB であった。

【0029】（比較例4）同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5 \mu\text{m}$ である。上ケース1には何もメッキ処理をしていないものを用いた。すなわちヨーク母材の鉄そのままである。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.64 dB であった。

【0030】（実施例6）同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5 \mu\text{m}$ である。上ケース1には一部の外側表面と、全内側表面に銅を真空メッキ処理したものを用いた。その銅メ

ッキ処理の厚さは $5\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.50dB であった。

【0031】(実施例7)同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5\mu\text{m}$ である。上ケース1には一部の外側表面と、内側表面の約80%に銅を真空メッキ処理したものを用いた。その銅メッキ処理の厚さは $5\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.52dB であった。

【0032】(実施例8)同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5\mu\text{m}$ である。上ケース1には一部の外側表面と、内側表面の約60%に銅を真空メッキ処理したものを用いた。その銅メッキ処理の厚さは $5\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.55dB であった。

【0033】(比較例5)同様に、下ケース2に、半田メッキ処理をしたもの。この半田メッキ処理の厚さは $5\mu\text{m}$ である。上ケース1には一部の外側表面と、内側表面の約40%に銅を真空メッキ処理したものを用いた。その銅メッキ処理の厚さは $5\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.61dB であった。

【0034】(実施例9)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)のすべての外側表面と、すべての内側表面に銀メッキ処理したものを用いた。その銀メッキの厚さは $6.5\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.45dB であった。

【0035】(実施例10)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に、外側表面の大部分と内側表面延べ面積の約80%に銀メッキ処理したものを用いた。その銀メッキの厚さは $6.5\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.48dB であった。

【0036】(実施例11)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に、外側表面の大部分と内側表面延べ面積の約60%に銀メッキ処理したものを用いた。その銀メッキの厚さは $6.5\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.51dB であった。

【0037】(比較例6)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に、外側表面の大部分と内側表面延べ面積の約40%に銀メッキ処理したものを用いた。その銀メッキの厚さは $6.5\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.56dB であった。

【0038】(実施例12)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に銀メッキ処理をし、銀メッキ処理厚さを $0.5\mu\text{m}$ にした。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.55dB であった。

【0039】(実施例13)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に銀メッキ処理をし、銀メッキ処理厚さを $1\mu\text{m}$ にした。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.50dB であった。

【0040】(実施例14)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に銀メッキ処理をし、銀メッキ処理厚さ

を $2\mu\text{m}$ にした。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.47dB であった。

【0041】(実施例15)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に銀メッキ処理をし、銀メッキ処理厚さを $4\mu\text{m}$ にした。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.46dB であった。

【0042】(実施例16)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に銀メッキ処理をし、銀メッキ処理厚さを $8\mu\text{m}$ にした。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.45dB であった。

【0043】(実施例17)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に銀メッキ処理をし、銀メッキ処理厚さを $25\mu\text{m}$ にした。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.45dB であった。

【0044】(比較例7)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に銀メッキ処理をし、銀メッキ処理厚さを $0.3\mu\text{m}$ にした。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.58dB であった。

【0045】(比較例8)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)に銀メッキ処理をし、銀メッキ処理厚さを $30\mu\text{m}$ にした。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.45dB で良好な値であった。しかしながら、組み立ての時に半田付けなどの加熱を加える工程の中で、銀メッキ膜に顕微鏡で認識できる程度の微細なひび割れが発生した。

【0046】(実施例18)同様に、組み合わせたすべてのヨーク(上下ケース)にはすべての表面に銅メッキ処理をしたものを用いた。ヨーク表面の銅メッキ処理厚さは $6\mu\text{m}$ である。さらにこの銅メッキ被膜の上にこれを保護する目的でニッケルメッキ処理をした。そのニッケルメッキ処理厚さは $0.5\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.48dB であった。

【0047】(実施例19)同様に、組み合わせたすべてのヨーク(上下ケース)にはすべての表面に銅メッキ処理をしたものを用いた。ヨーク表面の銅メッキ処理厚さは $6\mu\text{m}$ である。さらにこの銅メッキ被膜の上にこれを保護する目的でパーマロイメッキ処理をした。そのパーマロイメッキ処理厚さは $0.5\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.48dB であった。

【0048】(実施例20)同様に、組み合わせたすべてのヨーク(上下ケース)にはすべての表面に銅メッキ処理をしたものを用いた。ヨーク表面の銅メッキ処理厚さは $6\mu\text{m}$ である。さらにこの銅メッキ被膜の上に、これを保護する目的でニッケルメッキ処理をした。そのニッケルメッキ処理厚さは $1.4\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.51dB であった。

【0049】(実施例21)同様に、組み合わせたすべてのヨーク(上下ケース)にはすべての表面に銅メッキ

処理をしたものを用いた。ヨーク表面の銅メッキ処理厚さは $6\mu\text{m}$ である。さらにこの銅メッキ被膜の上に、これを保護する目的でニッケルメッキ処理をした。そのニッケルメッキ処理厚さは $2\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.53dB であった。

【0050】(比較例9)同様に、組み合わせたすべてのヨーク(上下ケース)にはすべての表面に銅メッキ処理をしたものを用いた。ヨーク表面の銅メッキ処理厚さは $6\mu\text{m}$ である。さらにこの銅メッキ被膜の上に、これを保護する目的でニッケルメッキ処理をした。そのニッケルメッキ処理厚さは $4\mu\text{m}$ である。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.59dB であった。

【0051】(実施例22)同様に、組み合わせたすべてのヨーク(上下ケース)にはすべての表面に銅メッキ処理をしたものを用いた。ヨーク表面の銅メッキ処理厚さは $5.5\mu\text{m}$ である。これらすべてのヨークの母材には $200\mu\text{m}$ 厚さの鉄材を使用した。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.45dB であった。

【0052】(実施例23)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)の母材に $240\mu\text{m}$ 厚さの鉄材を使用したことを除いては、実施例22とまったく同様にして非可逆回路素子を組み立てた。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.43dB であった。

【0053】(実施例24)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)の母材に $200\mu\text{m}$ 厚さのパーマロイ材を使用したことを除いては、実施例22とまったく同様にして非可逆回路素子を組み立てた。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.46dB であった。

【0054】(実施例25)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)の母材に $240\mu\text{m}$ 厚さのパーマロイ材を使用したことを除いては、実施例22とまったく同様にして非可逆回路素子を組み立てた。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.45dB であった。

【0055】(比較例10)同様に、すべてのヨーク(上下ケース)の母材に $100\mu\text{m}$ 厚さの鉄材を使用したことを除いては、実施例22とまったく同様にして非可逆回路素子を組み立てた。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.64dB であった。

【0056】(比較例11)すべてのヨーク(上下ケース)の母材に $250\mu\text{m}$ 厚さの鉄材を使用したことを除いては、実施例22とまったく同様にして非可逆回路素子を組み立てた。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.43dB であった。特性は良好であったが、母材が厚肉のため、鉄材のヨークを加工する時に、微小な折り曲げ加工部分で、きれいに直角な断面形状をつくるのが困難であった。また母材が厚肉のため、非可逆回路素子の全体の寸法が大きくなった。

【0057】(実施例26)同様に、組み合わせたすべてのヨーク(上下ケース)のメッキ処理を銅下地銀メッキ処理とした。下地の銅メッキ処理厚さは $2\mu\text{m}$ 、その上の銀メッキ処理厚さは $4\mu\text{m}$ とした。さらにこの銀メッキ被膜の上にこれを保護する目的でニッケルメッキを $0.5\mu\text{m}$ の厚さで付与した。信号伝送特性を測定したところ信号損失は -0.47dB であった。

【0058】

【表1】

- 1 上ケース（ケース兼磁石が取付けられる方のヨーク）
- 2 下ケース（ケース兼磁石が取付けられない方のヨーク）
- 3 誘電体基板
- 5 抵抗
- 7 ガーネット7
- 8 中心導体
- 9 磁石

【図 1】

